

Schnotz, Wolfgang

## Wissenserwerb mit Multimedia

Unterrichtswissenschaft 29 (2001) 4, S. 292-318



Quellenangabe/ Reference:

Schnotz, Wolfgang: Wissenserwerb mit Multimedia - In: Unterrichtswissenschaft 29 (2001) 4, S. 292-318  
- URN: urn:nbn:de:0111-opus-77172 - DOI: 10.25656/01:7717

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-77172>  
<https://doi.org/10.25656/01:7717>

in Kooperation mit / in cooperation with:

# BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

---

# Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung

29. Jahrgang / 2001 / Heft 4

---

## Thema:

## Lehren und Lernen mit multimedialen Lernumgebungen

Verantwortlicher Herausgeber:

Günter Dörr

Günter Dörr:

Lehren und Lernen mit multimedialen Lernumgebungen -  
Einführung in den Thementeil

290

Wolfgang Schnotz:

Wissenserwerb mit Multimedia

292

Sigmar-Olaf Tergan:

Qualitätsbeurteilung von Bildungssoftware mittels  
Kriterienkatalogen. Problemaufriss und Perspektiven

319

Heike Schaumburg, Sebastian Rittmann:

Evaluation des Web-basierten Lernens -  
Ein Überblick über Werkzeuge und Methoden

342

Roland Brünken, Detlev Leutner:

Aufmerksamkeitsverteilung oder Aufmerksamkeitsfokussierung?  
Empirische Ergebnisse zur „Split-Attention-Hypothese“  
beim Lernen mit Multimedia

357

Rolf Plötzner, Julia Härder:

Unterstützung der Verarbeitung externer Repräsentationen  
am Beispiel des Lernens mit Hypertexten

367

---

Wolfgang Schnotz

## Wissenserwerb mit Multimedia

Knowledge Acquisition with Multimedia

---

*Es wird untersucht, ob und wie weit multimediale Lernumgebungen geeignet sind, einer konstruktivistischen Sicht des menschlichen Wissenserwerbs Rechnung zu tragen. Hierzu wird eine Klärung des Begriffs „Multimedia“ vorgenommen, indem zwischen dem semiotischen, dem technischen und dem sensorischen Aspekt des Medienbegriffs differenziert wird. Die verschiedenen Formen der multimedialen Informationsdarbietung (schriftliche und mündliche Texte, realistische Bilder und Diagramme) basieren auf der Verwendung unterschiedlicher Zeichensysteme. Sie können dementsprechend in deskriptionale und depiktionale Repräsentationen untergliedert werden, die sich durch jeweils unterschiedliche Nutzungseigenschaften auszeichnen. Anknüpfend an theoretische Ansätze zum Verstehen von Texten, Verstehen von realistischen Bildern und Verstehen von Diagrammen wird ein Modell des Wissenserwerbs mit Multimedia dargestellt, in dem mentale deskriptionale und depiktionale Repräsentationen von unterschiedlichem Abstraktionsgrad angenommen werden. Bezugnehmend auf dieses Modell werden dann empirische Befunde zur Rolle unterschiedlicher kognitiver Lernvoraussetzungen, zur Aufmerksamkeitssteuerung bzw. Informationskoordination, zu den Unterschieden zwischen auditiver und visueller Textverarbeitung sowie zu den jeweiligen Vor- und Nachteilen des Wissenserwerbs mit statischen versus animierten Bildern beim Wissenserwerb mit Multimedia dargestellt und eingeordnet. Außerdem wird auf die Möglichkeiten einer nicht-linearen Informationsorganisation durch Hypermedien und die damit verbundenen Anforderungen eingegangen. Es wird argumentiert, dass ein differenzierteres Verständnis der beim Wissenserwerb mit Multimedia stattfindenden psychischen Prozesse als eine Voraussetzung dafür anzusehen ist, die neuen Technologien adäquat für Prozesse des Lehrens und Lernens zu nutzen.*

*This paper examines, whether and to what extent multimedia learning environments are well suited to take into account a constructivist view of human knowledge acquisition. As a clarification of the concept of multimedia, a differentiation is made between the semiotic, the technical and the sensoric aspect of media. The different forms of presenting information with multimedia like visual and auditory texts, realistic pictures and logical pictures are based on different sign systems. Accordingly, these forms can be categorized into descriptive and depictive representations with different usability for different purposes. Following theoretical views on text comprehension and comprehension of realistic as well as logical pictures, a model of knowledge acquisition with multimedia is presented which is based on the assumption that comprehension includes the construction of multiple descriptive and depictive mental representations with different levels of abstraction. Within the framework of this model, empirical research results are described about the role of different cognitive learning prerequisites, about attention focussing and co-ordinating information, about differences between auditive and visual text processing as well as advantages and disadvantages of static versus animated pictures in knowledge acquisition from multimedia. Furthermore, the possibilities of non-linear information organization through hypermedia*

*are discussed together with the cognitive demands associated with them. It is argued that a deeper understanding of the psychological processes during knowledge acquisition from multimedia is a prerequisite for the adequate use of new technologies in learning and instruction.*

## 1. Einleitung

In der Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens wird heute meist eine konstruktivistische Sichtweise vertreten. Lernen ist demnach ein aktiver und konstruktiver Prozeß, bei dem das lernende Individuum versucht, anhand in der aktuellen Lernsituation vorliegender Information unter Rückgriff auf bisherige Erfahrungen seine eigenen Wissensstrukturen so zu konstruieren, dass diese für die Bewältigung künftiger Anforderungssituationen möglichst funktional sind (Shuell, 1988). Wissenserwerb ist deshalb kein bloßes Aufnehmen von Wissen durch den Lernenden, sondern beinhaltet Prozesse der Auswahl, der Organisation und der Verarbeitung von Information.

Einer verbreiteten Auffassung zufolge sind multimediale Lernumgebungen in besonderem Maße geeignet, dieser konstruktivistischen Sicht des menschlichen Lernens Rechnung zu tragen. Als Multimedia bezeichnet man zusammenfassend eine Kombination unterschiedlicher Formen der Informationsdarbietung mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitungs-, Speicher- und Displaytechniken in Form von Computern, CD- und AV-Techniken, bei der geschriebene oder gesprochene Texte, statische oder animierte Bilder und Grafiken, Filme sowie Musik in variablen Kombinationen präsentiert werden (vgl. Issing & Klimsa, 1997). Der oben skizzierten konstruktivistischen Sicht des menschlichen Lernens kommt der Einsatz von Multimedia zum einen insofern entgegen, als hier durch Bilder und Filme authentische Lernsituationen dargeboten werden können, um eine adäquate Situiertheit des erworbenen Wissens zu erreichen (Duffy & Jonassen, 1992; Resnick, 1989). Zum anderen können Informationen in vielfältigen Darbietungsformen bereitgestellt werden, so dass der Lernende die Möglichkeit hat, sich die ihm am geeignetsten erscheinende Form der Informationsdarbietung auszuwählen.

Bevor im folgenden eine genauere Analyse des Wissenserwerbs mit multimedialen Lernumgebungen vorgenommen wird, ist zunächst eine Klärung des Begriffs „Multimedia“ erforderlich. Wörtlich übersetzt bedeutet dieser Begriff, dass Information auf vielfältige Weise - durch eine Vielfalt von „Mittlern“ (Medien). - vermittelt wird. In der gängigen Begriffsverwendung werden dabei allerdings der semiotische, der technische und der sensorische Aspekt des Medienbegriffs miteinander vermengt.

### *Semiotischer Aspekt:*

Unter semiotischem Aspekt bedeutet „Multimedia“, dass bei der Wissens- bzw. Informationsvermittlung unterschiedliche Formen der Informationspräsentation eingesetzt werden wie z.B. geschriebene oder gesprochene Texte, realistische Bilder wie Fotografien, Gemälde oder Zeichnungen sowie lo-

gische Bilder bzw. Diagramme. Mit anderen Worten: Bei der Wissensvermittlung mit Multimedia werden unterschiedliche Zeichensysteme verwendet, in denen die Mitteilungen über den Wissensgegenstand jeweils in unterschiedliche Weise enkodiert sind.

#### *Technischer Aspekt:*

Unter technischem Aspekt bedeutet „Multimedia“, dass bei der Wissens- bzw. Informationsvermittlung unterschiedliche technische Systeme zur Anwendung kommen wie z.B. Computer, elektromagnetische digitale Massenspeicher, CD und AV-Geräte. Mit anderen Worten: Bei der Wissensvermittlung mit Multimedia kommen zum Zweck der Informationsdarbietung mit Hilfe von Zeichen unterschiedliche Zeichenträger zum Einsatz.

#### *Sensorischer Aspekt:*

Unter wahrnehmungspsychologischem Aspekt bedeutet „Multimedia“, dass zum Zweck der Wissens- bzw. Informationsvermittlung beim Adressaten unterschiedliche Sinnesmodalitäten - vor allem die visuelle und die auditive Modalität - angesprochen werden. Mit anderen Worten: Die Informationsaufnahme bzw. Zeichenrezeption erfolgt mit Hilfe verschiedener Sinnesorgane - insbesondere mit Auge und Ohr.

Autoren wie Mayer (1997) und Weidenmann (1997) haben deshalb vorgeschlagen, anstelle des Multimedia-Begriffs zwischen Darbietungsmodus bzw. Codierungsform, technischem Medium und Sinnesmodalität zu differenzieren.

In der Geschichte der Lehr-Lern-Forschung wurden immer wieder bei Einführung eines neuen technischen Mediums euphorische Einschätzungen hinsichtlich dessen Beitrags zur Optimierung des Lehrens und Lernens vertreten, die dann ebenso regelmäßig bald einer nüchterneren Sicht Platz machen mußten (Kozma, 1991; Ross, 1994; Wetzel Radtke & Stern, 1994). Nach einer Vielzahl von empirischen Studien, in denen die Verwendung eines bestimmten technischen Mediums jeweils mit einer bestimmten Form des instruktionalen Vorgehens konfundiert war, herrscht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass es nicht sinnvoll ist zu fragen, ob ein bestimmtes technisches Medium für Lehr-Lern-Prozesse besser geeignet ist als ein anderes. Entscheidend für den Erfolg des Lehrens und Lernens sind Inhalt und Organisation der instruktionalen Botschaft und die dabei verwendeten Formen der Informationsdarbietung. Clark (1983, 1994) sieht im technischen Medium lediglich eine Art Transportmittel für Informationen, welches - sofern es die Funktion der Informationsdarbietung erfüllt - für den weiteren Lernprozeß irrelevant ist.

In der Diskussion um die Verwendung von Multimedia zum Zweck des Lehrens scheinen diese Erkenntnisse manchmal in Vergessenheit zu geraten, denn man findet häufig einen naiven Optimismus, dass Lernprozesse durch den Einsatz neuer Technologien, die Verwendung einer Vielzahl von Formen der Informationsdarbietung und das Ansprechen verschiedener Sinnesmodalitäten optimiert werden könnten. Zur Begründung wird angeführt,

dass neue Technologien einen raschen Zugriff auf unterschiedliche Informationen ermöglichen, dass Lernende je nach persönlichen Vorlieben und aktuellen Erfordernissen flexibel zwischen unterschiedliche Formen der Informationsdarbietung wählen können und dass durch das Ansprechen vieler Sinnesmodalitäten eine größere Realitätsnähe und eine bessere Speicherung im Gedächtnis möglich ist.

Wie im folgenden gezeigt werden soll, sind solche positiven Konsequenzen der Verwendung von Multimedia beim Lehren und Lernen zwar nicht ausgeschlossen, jedoch auch keineswegs selbstverständlich. Ungeachtet aller technologischen Möglichkeiten bleiben die Prozesse des Wissenserwerbs immer den Einschränkungen der menschlichen Informationsverarbeitung und den psychologischen Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus von Wissensstrukturen unterworfen. Anstelle der Annahme von einfachen Medienwirkungen gilt es deshalb zu fragen, bei welchem Inhalt und bei welcher didaktischer Organisation des jeweiligen Lerninhalts welche Formen der Informationsdarbietung in Verbindung mit welchen Sinnesmodalitäten geeignet sind, beim Individuum die für ein erfolgreiches Lernen erforderlichen kognitiven Prozesse zu initiieren.

Der folgende Beitrag versucht, einige der hierbei relevanten Zusammenhänge etwas differenzierter darzustellen. Zunächst werden mündliche und schriftliche Texte, realistische Bilder und Diagramme als unterschiedliche Formen der multimedialen Informationsdarbietung analysiert. Anschließend wird untersucht, wieweit diesen Formen der externen Darbietung von Informationen unterschiedliche Formen der mentalen Repräsentation auf seiten des Lernenden entsprechen. Darauf aufbauend werden das Verstehen von Texten, das Verstehen von realistischen Bildern und das Verstehen von Diagrammen als Komponenten des Wissenserwerbs mit Multimedia beschrieben und die betreffenden Teilprozesse zu einem integrierte Modell des multimedial gestützten Wissenserwerbs zusammengefaßt. Aufbauend auf dieses Modell wird dann untersucht, wieweit ein erfolgreiches Lernen mit Multimedia an bestimmte externe Bedingungen hinsichtlich der Gestaltung von Lernumgebungen gebunden ist und welche spezifischen Anforderungen bei einem Lernen mit multimedialen Hypermedien zu bewältigen sind. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen der Forschung zum Lernen mit Multimedia.

## **2. Formen der multimedialen Informationsdarbietung**

Seit jeher verwendete die Menschheit zum Zweck der Kommunikation Zeichen und entwickelte dabei unterschiedliche Zeichensysteme. Hierzu gehörten zunächst Gestik und Mimik und vor allem die Lautsprache. Doch bereits vor Zehntausenden von Jahren verstanden es Menschen auch, Sachverhalte in Form von Bildern darzustellen. Aus einfachen bildhaften Darstellungen entstanden dann allmählich Schriftsysteme, indem Piktogramme als Begriffszeichen - als sog. Ideogramme - eingesetzt wurden, aus denen schließ-

lich vor ca. dreitausend Jahren die Lautzeichen unserer heutigen Schriftsysteme - sog. Phonogramme - entstanden. Erst relativ spät, nämlich erst im 18. Jahrhundert, wurde ein weiteres, heute allgegenwärtiges Zeichensystem entwickelt: die Informationsdarstellung in Form von Diagrammen.

Beim Wissenserwerb mit Multimedia können diese verschiedenen Formen der Informationsdarbietung in flexibler Weise miteinander kombiniert werden, wobei die Palette von realistischen Bildern in Form von Zeichnungen und Fotografien über gesprochene Texte und schriftliche Texte in Form von Erläuterungen und Kommentaren bis hin zu den verschiedensten Formen von Diagrammen reicht. Um die Vorzüge und Nachteile dieser verschiedenen Formen der Informationspräsentation besser abschätzen zu können, empfiehlt sich, die Art des jeweils verwendeten Zeichensystems genauer zu analysieren.

## *2.1 Symbolzeichen versus ikonische Zeichen*

Eine auf Arbeiten von Peirce (1906) zurückgehende Kategorisierung von Zeichensystemen ist die zwischen Symbolzeichen und ikonischen Zeichen. Symbolzeichen besitzen nach Peirce eine arbiträre Struktur und sind mit dem durch sie bezeichneten Gegenstand nur durch eine Konvention verknüpft. Beispiele für Symbolzeichen sind die Worte der natürlichen Sprache als Lautzeichen oder als Schriftbilder. Dementsprechend gehören auch die aus ihnen gebildeten gesprochenen oder geschriebenen Sätze und Texte zu dieser Zeichenkategorie. Ikonische Zeichen hingegen besitzen keine arbiträre Struktur. Sie sind vielmehr mit dem bezeichneten Gegenstand durch Ähnlichkeit verknüpft. Beispiele für ikonische Zeichen sind die sog. realistischen Bilder wie Fotografien, Gemälde und Zeichnungen sowie die durch Schematisierung gewonnenen Piktogramme.

Auf den ersten Blick lassen sich Diagramme - häufig auch als „logische Bilder“ bezeichnet - nicht der einen oder der anderen dieser Zeichenkategorien zuordnen. Diagramme besitzen keine Ähnlichkeit mit dem Dargestellten, zumal sie häufig Sachverhalte repräsentieren, die der Wahrnehmung gar nicht zugänglich sind. Da auch ihre Form zum Teil durch Konventionen festgelegt ist, könnte man sie einerseits den Symbolzeichen zurechnen. Andererseits verwenden sie aber ein Darstellungsprinzip, das sich von dem einer Repräsentation durch Symbolzeichen grundlegend unterscheidet: Diagramme sind mit dem dargestellten Sachverhalt durch gemeinsame Strukturmerkmale - also durch eine Analogierelation - verknüpft und repräsentieren den Sachverhalt aufgrund dieser strukturellen Gemeinsamkeiten.

Das Problem der Kategorisierung von Diagrammen innerhalb der genannten Zeichensysteme läßt sich dadurch lösen, dass man den Begriff der Ikonizität etwas allgemeiner definiert: Als ikonisch können alle jene Zeichen gelten, die mit dem bezeichneten Sachverhalt aufgrund bestimmter gemeinsamer Strukturmerkmale - d.h. aufgrund einer bestimmten Analogierelation - verknüpft sind. Ähnlichkeit ist dann nur eine Variante solcher struktureller Ge-

meinsamkeiten, wie sie für realistische Bilder charakteristisch ist. Diagramme hingegen sind durch eine abstraktere Form struktureller Gemeinsamkeiten mit dem dargestellten Sachverhalt charakterisiert. Man kann demnach eine konkrete und eine abstrakte Form der Bildhaftigkeit bzw. Ikonizität unterscheiden. Diagramme sind dann eindeutig den ikonischen Zeichen zuzurechnen.

## *2.1 Deskriptionale versus depiktionale Repräsentationen*

Durch diese Erweiterung des ikonischen Zeichenbegriffs wird die Unterscheidung zwischen Symbolzeichen und ikonischen Zeichen äquivalent zur Unterscheidung zwischen deskriptionalen (extrinsischen) und depiktionalen (intrinsischen) Repräsentationen. Durch eine deskriptionale Repräsentation wird ein Sachverhalt mit Hilfe von Symbolen beschrieben. Wenn beispielsweise ein Sachverhalt durch einen Text beschrieben wird, so werden bestimmte Komponenten dieses Sachverhalts durch Nomina genannt, durch Adjektive hinsichtlich ihrer Merkmale spezifiziert und durch Verben und Präpositionen zueinander in Beziehung gesetzt. Eine Deskription mit Hilfe von Symbolen enthält also explizite Zeichen für Relationen. Durch diese Relationszeichen wird Strukturinformation gewissermaßen explizit von außen in die Repräsentation „eingebaut“. Palmer (1978) spricht deshalb hier von extrinsischen Repräsentationen. Depiktionale Repräsentationen wie z.B. realistische Bilder oder Diagramme enthalten hingegen keine solchen expliziten Relationszeichen. Sie besitzen vielmehr inhärente Struktureigenschaften, die mit bestimmten Struktureigenschaften des darzustellenden Sachverhalts übereinstimmen, und diese Übereinstimmung wird jeweils zu Repräsentationszwecken genutzt. Repräsentationen aufgrund solcher inhärenter repräsentationsrelevanter Struktureigenschaften bezeichnet Palmer als intrinsische Repräsentationen.

Entsprechend der obigen Unterscheidung zwischen einer konkreten und einer abstrakten Form der Bildhaftigkeit kann man bei intrinsischen Repräsentationen zwischen einer konkreten und einer abstrakten Form der strukturellen Übereinstimmung unterscheiden. Bei der konkreten Form stimmen repräsentierte und repräsentierende Attribute überein. Ein Beispiel für eine solche Repräsentation wäre etwa das dreidimensionale, maßstabsgetreu verkleinerte Modell eines Gebäudes, bei dem Höhe durch Höhe, Länge durch Länge usw. repräsentiert ist. Bei der abstrakten Form der strukturellen Übereinstimmung sind repräsentierte und repräsentierende Attribute voneinander verschieden. Ein Beispiel für eine solche Repräsentation wäre ein sog. Analogrechner, wo ein physikalisches System (z.B. eine elektrische Schaltung oder ein hydraulisches System) als Modell für einen qualitativ ganz anderen Erkenntnisgegenstand verwendet wird, dessen Funktionieren jedoch durch dieselben mathematischen Gleichungen beschrieben wird (Gentner, 1983; Vosniadou & Ortony, 1989).



Wendet man diese Unterscheidung auf Bilder und Diagramme an, so besteht bei den realistischen Bildern eine konkrete Form der strukturellen Übereinstimmung mit dem repräsentierten Gegenstand - wobei sich diese Übereinstimmung natürlich auf die Darstellungsmöglichkeiten des zweidimensionalen Raumes beschränken muß. Demgegenüber besteht bei Diagrammen eine abstrakte Form der strukturellen Übereinstimmung mit dem dargestellten Gegenstand. So können z.B. in einem Säulen- oder Liniendiagramm durch räumliche Distanzen nicht-räumliche Merkmale wie etwa Geburtenzahlen, Einfuhrquoten und dgl. repräsentiert werden. Ungeachtet der Verschiedenheit von repräsentierenden und repräsentierten Merkmalen besteht aber auch hier eine strukturelle Übereinstimmung zwischen Repräsentation und repräsentiertem Sachverhalt, so dass von einer intrinsischen Repräsentation gesprochen werden kann.

### 2.3 *Repräsentationseigenschaften von Deskriptionen und Depiktionen*

Deskriptionale Repräsentationen und depiktionale Repräsentationen sind für unterschiedliche Zwecke unterschiedlich gut geeignet. Deskriptionale Repräsentationen besitzen eine höhere Ausdrucksmächtigkeit als depiktionale Repräsentationen. So bereitet es keine Probleme, durch Deskriptionen allgemeine Negationen oder allgemeine Disjunktionen zu formulieren wie z.B. „*Tierhaltung nicht gestattet*“ oder „*Sitzplatz für Ältere oder für Mütter mit Kleinkindern*“. Depiktionale Repräsentationen können hingegen unmittelbar nur spezifische Negationen darstellen (z.B. das Bild eines Hundes mit einem Verbotssymbol). Sie werden erst durch einen Abstraktionsschritt des Rezipienten als allgemeinere Negation interpretiert (z.B. „Haustiere (und nicht nur Hunde) sind verboten“). Disjunktionen können nicht durch ein Bild, sondern nur mit Hilfe mehrerer Bilder zum Ausdruck gebracht werden.

Depiktionale Repräsentationen sind im allgemeinen besser geeignet, um Inferenzen zu vollziehen, da die gesuchte Information an der Repräsentation direkt abgelesen werden kann. Folgendes Beispiel mag dies illustrieren: Liest man die Beschreibung „*Die Figur besteht aus zwei symmetrischen diagonalen Linien, die sich oben an der Spitze treffen und ungefähr in der Mitte durch eine horizontale Linie verbunden sind*“ und wird anschließend gefragt, ob die beschriebene Figur eine geschlossene Region enthält und, wenn ja, welche Form diese Region hat, so fällt die Antwort relativ schwer. Erhält man hingegen eine depiktionale Repräsentation, indem man den Großbuchstaben „A“ sieht oder sich diesen vorstellt, so wird die Beantwortung sehr leicht (Kosslyn, 1994).

Depiktionale Repräsentationen sind hinsichtlich einer bestimmten Art von Information jeweils vollständig. Wenn man beispielsweise ein Objekt zeichnet, so zeichnet man nicht nur seine Form, sondern notwendigerweise auch seine Größe und Orientierung. In einer deskriptionalen Repräsentation hingegen ist es ohne weiteres möglich, die Form eines Objekts zu spezifizieren,

ohne auf seine Größe und Orientierung einzugehen. Außerdem sind Depiktionen hinsichtlich ihrer Repräsentationsfunktion robuster als Deskriptionen. Wenn man von einem Bild ein Stück wegschneidet, so ist der verbleibende Bildteil immer noch ein Bild - eben ein Bild des betreffenden Objektteils. Bei einer Deskription hingegen ist es möglich, dass durch Beseitigung bestimmter Teile die Repräsentationsfunktion völlig aufgehoben wird (Kosslyn, 1994).

### 3. Formen der mentalen Informationsspeicherung

Wenn ein Lernender eine Darstellung eines Sachverhalts versteht, so konstruiert er eine mentale Repräsentation dieses Sachverhalts. Aus kognitionspsychologischer Sicht stellt sich hier die Frage, wie diese Repräsentationen beschaffen sind und aufgrund welcher Darstellungsprinzipien sie einen Sachverhalt repräsentieren.

Ein theoretische Ansatz, der sich unmittelbar auf die kognitive Verarbeitung von Texten und Bildern beziehen läßt, ist die duale Kodierungstheorie von Paivio (1971, 1986; Clark & Paivio, 1991). Dieser Theorie zufolge werden verbale und piktoriale Informationen in unterschiedlichen, jedoch miteinander interagierenden kognitiven Subsystemen - einem verbalen System und einem imaginalen System - verarbeitet. Worte, Sätze und Texte werden normalerweise nur im verbalen System enkodiert, während Bilder grundsätzlich imaginal und verbal enkodiert werden. Das meist gute Behalten von Bildern wird damit auf die Vorzüge einer doppelten gegenüber einer einfachen Kodierung zurückgeführt. Kulhavy und Mitarbeiter haben die duale Kodierungstheorie zur sog. Conjoint-Processing-Theorie weiterentwickelt (Kulhavy, Lee & Caterino, 1985; Kulhavy, Stock & Kealy, 1993). In dieser Theorie wird das bessere Behalten der Bildinformation darauf zurückgeführt, dass ein Bild im Arbeitsgedächtnis als eine Einheit (als „intact unit“) repräsentiert wird und deshalb nur geringe Speicherkapazität beansprucht, während Texte sequentiell repräsentiert werden und der Informationszugriff mit einem höheren Speicherbedarf verbunden ist.

Unabhängig von den beim Text- und beim Bildverstehen involvierten mentalen Subsystemen gingen die meisten Kognitionspsychologen bis vor etwa eineinhalb Jahrzehnten davon aus, dass menschliches Wissen in einem einheitlichen Repräsentationsformat gespeichert ist, nämlich in Form von sog. Propositionen. Propositionen sind komplexe (hypothetische) interne Symbole, die ähnlich wie die Sätze der natürlichen Sprache nach bestimmten syntaktischen Regeln aus einfacheren Symbolen zusammengesetzt sind und insofern eine bestimmte Konstituentenstruktur besitzen. Eine Proposition besteht aus einem Relationssymbol, dem sog. Prädikat, und aus einem oder mehreren Symbolen für Entitäten, die durch das Prädikat zu einer Einheit verknüpft werden. Eine propositionale Repräsentation ist also eine deskriptionale, extrinsische Repräsentation mit Hilfe von Symbolen - gewissermaßen

eine Beschreibung des repräsentierten Gegenstands in einer hypothetischen mentalen Sprache.

Um die Frage der Existenz von depiktionalen mentalen Repräsentationen hingegen wurden lange heftige Kontroversen geführt. Auf den ersten Blick mag dies erstaunlich erscheinen, da wohl jedem Individuum visuelle Vorstellungen vertraut sein dürften, die man als Beispiel für depiktionale mentale Repräsentation ansehen kann. Hartgesottene Propositionalisten wie Pylyshyn (1981) argumentierten allerdings, dass die der Introspektion zugänglichen visuellen Vorstellungen lediglich Epiphänomene von Verarbeitungsprozessen seien, die eigentlich auf propositionalen Repräsentationen basieren. Hingegen nahmen Forscher wie Finke (1985) und Kosslyn (1981, 1987) an, dass neben propositionalen Repräsentationen auch depiktionale Repräsentation existieren.

Inzwischen gehen die meisten Kognitionspsychologen davon aus, dass sowohl beim Verstehen eines Texts als auch beim Verstehen eines Bildes vom Individuum multiple mentale Repräsentationen gebildet werden - genauer: dass neben den bereits erwähnten propositionalen Repräsentationen auch sog. mentale Modelle konstruiert werden (Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird & Byrne, 1991). Unter einem mentalen Modell versteht man eine analoge mentale Repräsentation, gewissermaßen ein internes Quasi-Objekt, das in einer Struktur- oder Funktionsanalogie zu dem dargestellten Gegenstand steht. Ein mentales Modell repräsentiert einen Sachverhalt aufgrund bestimmter inhärenter Struktureigenschaften und ist demnach den depiktionalen intrinsischen Repräsentationen zuzurechnen. Wie bei anderen analogen Modellen (z.B. den bereits erwähnten Analogrechnern) können dabei repräsentierte und repräsentierende Merkmale durchaus voneinander verschieden sein. Deshalb muß es sich bei mentalen Modellen keineswegs um bildhafte Vorstellungen des jeweiligen Gegenstands handeln. Vielmehr können durch ein mentales Modell auch Sachverhalte repräsentiert werden, die der Wahrnehmung nicht unmittelbar zugänglich sind. Zwischen visuellen Vorstellungen und mentalen Modellen besteht letztlich die gleiche Beziehung wie zwischen realistischen Bildern und Diagrammen: Es handelt sich jeweils um intrinsische depiktionale Repräsentationen, wobei im einen Fall eine konkretere und im anderen Fall eine abstraktere Form der strukturellen Übereinstimmung zwischen Repräsentation und repräsentiertem Sachverhalt besteht.

Formal kann man eine mentale Repräsentation in Form von Propositionen und in Form von mentalen Modellen ebenfalls als eine Art duale Kodierung ansehen. Allerdings unterscheidet sich die hier vertretene Sichtweise deutlich von der traditionellen dualen Kodierungstheorie. Zum einen wird hier nicht nur für die Verarbeitung von Bildern, sondern auch für die Verarbeitung von Sprache eine „duale Kodierung“ angenommen. Zum anderen wird die Konstruktion eines mentalen Modells nicht nur als ein Hinzufügen einer weiteren Kodierung angesehen, die einen quantitativen Vorteil gegenüber einer einfachen Kodierung erbringt. Wesentlich ist hier vielmehr, dass proposi-

tionale Repräsentationen und mentale Modelle auf unterschiedlichen, jedoch einander wechselseitig ergänzenden Repräsentationsprinzipien basieren. Während es sich bei Propositionen um symbolische extrinsische Repräsentationen handelt, sind mentale Modelle analoge intrinsische Repräsentationen. Zwischen einer propositionalen Repräsentation und einem mentalen Modell besteht damit die gleiche Beziehung wie zwischen einem Text und einem realistischen Bild oder einem Diagramm.

Propositionale Repräsentationen und mentale Modelle dürften jeweils unterschiedlichen Repräsentationszwecken dienen. Propositionale Repräsentationen scheinen für das Speichern allgemeiner, abstrakter, z.T. auch vager bzw. schwer verständlicher Aussagen geeignet zu sein. Außerdem erlauben sie aufgrund ihrer größeren Nähe zu sprachlichen Darstellungen eine genauere Wiedergabe des Sinngehalts von Texten. Mentale Modelle hingegen scheinen besser geeignet zu sein, um Inferenzen zu vollziehen. Die Wiedergabe von Texten dürfte wiederum weniger gut gelingen, da ein mentales Modell eine größere Nähe zur Struktur des dargestellten Sachverhalts besitzt und nicht die Struktur der Sprachäußerungen bewahrt, so dass eine Wiedergabe des Texts als freie Beschreibung des betreffenden Modells stattfinden muß.

#### **4. Komponenten des Wissenserwerbs mit Multimedia**

Wissenserwerb mit Multimedia erfordert vom Lernenden, Darstellungen eines Sachverhalts mit Hilfe von gesprochenen oder geschriebenen Texten sowie Darstellungen mit Hilfe von realistischen Bildern und Diagrammen adäquat zu interpretieren und diese Darstellungen so aufeinander zu beziehen, dass dabei eine kohärente Wissensstruktur entsteht. Im folgenden werden Text-, Bild- und Diagrammverstehen als Komponenten des Wissenserwerbs mit Multimedia kurz aus kognitionspsychologischer Sicht charakterisiert. Anschließend werden diese Komponenten zu einem Modell des multimediale Lernens zusammengefaßt.

##### *4.1 Verstehen von Texten*

Ein Text unterscheidet sich von einer beliebigen Aneinanderreihung von Sätzen durch seine Kohärenz. Beim Verstehen eines Texts gilt es, diese Kohärenz mental zu rekonstruieren, weshalb man das Textverstehen als einen Prozeß der mentalen Kohärenzbildung bezeichnen kann. Dabei ist zwischen lokaler und globaler Kohärenzbildung zu unterscheiden. Bei der lokalen Kohärenzbildung werden semantische Zusammenhänge zwischen den unmittelbar aufeinanderfolgenden Sätzen, bei der globalen Kohärenzbildung Zusammenhänge zwischen größeren Textabschnitten hergestellt bzw. mental rekonstruiert. Die heutigen psychologischen Theorien zum Wissenserwerb mit Texten gehen davon, dass beim Verstehen eines Texts multiple mentale Repräsentationen konstruiert werden (van Dijk & Kintsch, 1983; Schnotz, 1994; Weaver III, Mannes & Fletcher, 1995). Demnach bildet der Leser ei-

nes schriftlich-visuell dargebotenen Texts oder der Hörer eines mündlich-auditiv dargebotenen Texts eine mentale Repräsentation der sprachlichen Oberflächenstruktur, generiert auf dieser Grundlage eine propositionale Repräsentation des semantischen Gehalts des Texts (die sog. Textbasis) und konstruiert auf dieser Grundlage schließlich ein mentales Modell des dargestellten Sachverhalts.

Meist wird angenommen, dass bei der Konstruktion dieser mentalen Repräsentationen kognitive Schemata aktiviert werden - also hierarchisch organisierte mentale Datenstrukturen, die die bisherigen Erfahrungen des Individuums in verallgemeinerter Form repräsentieren. Das Verstehen eines Texts basiert demnach auf einem Wechselspiel von auf- und absteigenden Schemaaktivierungen, das durch die jeweils vorliegende Textinformation ange-regt wird und bei dem sich eine bestimmte Konfiguration von aktivierten Schemata herausbildet, die dann als die beste Interpretation der vorliegenden Textinformation gilt.

Das Lesen eines visuell dargebotenen schriftlichen Texts und das Hören eines auditiv dargebotenen mündlichen Texts scheinen sich hinsichtlich der höheren kognitiven Prozesse, also der Konstruktion einer propositionalen Repräsentation und eines mentalen Modells, nicht wesentlich voneinander zu unterscheiden. Hingegen unterliegt die Konstruktion der Oberflächenrepräsentation jeweils deutlich unterschiedlichen Bedingungen. Ein visuell dargebotener schriftlicher Text wird bei den traditionellen Printmedien durch einen permanent verfügbaren, stabilen Zeichenträger dargeboten. Der Lernende kann somit bei Bedarf zurückgehen und die betreffende Information erneut verarbeiten, um z.B. sein Verständnis zu überprüfen oder um Vergleiche vorzunehmen. Informationsaufnahme und -verarbeitung erfolgen hier in zeitlicher Hinsicht weitgehend selbstgesteuert. Auch in multimedialen Lernumgebungen kann ein schriftlicher Text zeitlich unbegrenzt zur Verfügung stehen. Häufig erfolgt die Darbietung allerdings auch in Form einer zeitlich begrenzten Einblendung. Bei einem auditiv dargebotenen mündlichen Text ist der Zeichenträger - die akustischen Schallwellen - dagegen flüchtiger Natur. Eine bei der Informationspräsentation versäumte kognitive Verarbeitung kann später nicht mehr nachgeholt werden. Informationsaufnahme und -verarbeitung erfolgen hier zeitlich fremdgesteuert und machen eine kontinuierliche Aufmerksamkeitszuwendung erforderlich. In multimedialen Lernumgebungen besteht allerdings auch häufig die Möglichkeit, einen auditiv dargebotenen Text mehrfach abzurufen, so dass der Nachteil der Flüchtigkeit durch die Wiederholbarkeit teilweise wieder aufgehoben wird.

## *4.2 Verstehen realistischer Bilder*

Im Gegensatz zum Verstehen von Texten, wo jeweils erst eine Umkodierung von einer deskriptionalen in eine depiktionale mentale Repräsentation erforderlich ist, können realistische Bilder relativ direkt in Form einer depiktionalen Repräsentation - einer visuellen Vorstellung und/oder eines mentalen Mo-

dells - enkodiert werden. Dabei kann man zwischen einer perzeptiven und einer semantischen Enkodierung unterscheiden. Die perzeptive Enkodierung von Bildern basiert auf sog. präattentiven Prozessen (Neisser, 1976). Diese verlaufen parallel, beinhalten automatisierte visuelle Routinen, sind primär datengeleitet (d.h. verlaufen bottom-up) und sind dementsprechend relativ unabhängig vom Vorwissen sowie den Zielsetzungen des Individuums (Ullman, 1984). Um allerdings ein Bild nicht nur zu sehen, sondern es auch zu verstehen, ist eine semantische Enkodierung erforderlich: An der präattentiv konstruierten depiktorischen mentalen Repräsentation muß eine konzeptgeleitete Analyse, müssen attentive Ablese- bzw. Inspektionsprozesse stattfinden, um die Repräsentation zu interpretieren, d.h. ihr bestimmte Informationen zu entnehmen. Ein solches Ablesen führt zu propositional enkodierten Informationen, die wiederum der propositionalen mentalen Repräsentation hinzugefügt werden. Diese Prozesse laufen seriell ab, sind sowohl daten- als auch konzeptgeleitet, d.h. verlaufen sowohl bottom-up als auch top-down, und werden sowohl vom Vorwissen als auch von den Zielsetzungen des Individuums beeinflusst.

Beim Verstehen realistischer Bilder kann der Betrachter auf kognitive Schemata der alltäglichen Wahrnehmung zurückgreifen. Weidenmann (1988) spricht hier von einem ökologischen Bildverstehen, bei dem der Betrachter erkennt, was auf dem Bild dargestellt ist. Nimmt der Lernende jedoch auch Überlegungen vor, warum der Bildproduzent (d.h. der Fotograf, Maler oder Zeichner) den Sachverhalt so und nicht anderes dargestellt hat bzw. der Bildredakteur dieses und kein anderes Bild ausgewählt hat, so spricht Weidenmann von einem indikatorischen Bildverstehen. Das Bild wird hier gewissermaßen als Indikator für eine bestimmte Mitteilungsabsicht angesehen und entsprechend analysiert. Das ökologische und das indikatorische Bildverstehen repräsentieren unterschiedliche Verstehenstiefen.

Anders als beim Textverstehen ist für die semantische Analyse von Bildern keine bestimmte Sequenzierung vorgesehen. Allerdings bestehen verschiedene Möglichkeiten, Einfluß auf die Reihenfolge der Verarbeitung zu nehmen. Bestimmte Komponenten eines Sachverhalts können in den Vordergrund gestellt, durch Vergrößerung wie z.B. durch die sog. Lupentechnik oder durch direktive Zeichen wie z.B. durch Pfeile in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt werden. Solche direktiven Zeichen repräsentieren nicht den darzustellenden Gegenstand, sondern sollen lediglich die Verarbeitung beeinflussen (Weidenmann, 1994).

### *4.3 Verstehen von Diagrammen*

Diagramme repräsentieren einen Sachverhalt nicht aufgrund von Ähnlichkeit, sondern aufgrund von abstrakteren strukturellen Gemeinsamkeiten bzw. aufgrund bestimmter Analogierelationen. Wird ein Diagramm verstanden, so konstruiert das Individuum ein mentales Modell des dargestellten Sachverhalts, also eine mentale Repräsentation, die diesen Sachverhalt eben-

falls aufgrund einer Analogierelation darstellt. Infolge der Transitivität von Analogierelationen besteht das Verstehen eines Diagramms also im Rekonstruieren einer Analogierelation zwischen dem Diagramm und einem entsprechendem mentalen Modell. D.h.: Das betreffende mentale Modell ist so zu konstruieren, dass bestimmte grafische Entitäten bestimmten mentalen Entitäten entsprechen und dass bestimmte räumliche Relationen innerhalb des Diagramms auf bestimmte semantische Relationen innerhalb des mentalen Modells abgebildet werden. Mit anderen Worten: Das Verstehen eines Diagramms ist ein Prozeß der Strukturabbildung eines Systems von externen räumlichen Relationen auf ein System von internen semantischen Relationen. Wegen der Symmetrie von Analogierelationen kann der Abbildungsprozess in beiden Richtungen stattfinden: Es kann sowohl ein mentales Modell anhand eines Diagramms konstruiert als auch ein bereits konstruiertes mentales Modell anhand eines Diagramms überprüft werden (vgl. Falkenhainer, Forbus & Gentner, 1989/1990).

Beim Verstehen von Diagrammen bestehen die subsemantischen, präattentiven Prozesse in der Diskrimination und Identifikation sowie der Gruppierung grafischer Komponenten - also von Punkten, Linien und Flächen - entsprechend den sog. Gestaltgesetzen bzw. in der Wahrnehmung einer entsprechenden grafischen Konfiguration (Wertheimer, 1938; Winn, 1994). Die semantische, attentive Verarbeitung, durch die vom Wahrnehmen zum Verstehen des Diagramms übergegangen wird, besteht in der konzeptgeleiteten Analyse dieser wahrgenommenen grafischen Konfiguration. Dabei werden an der grafischen Konfiguration bestimmte visuell-räumliche Relationen und Attribute abgelesen, semantisch interpretiert und in Form von Propositionen fixiert, die wiederum der bereits vorhandenen propositionalen mentalen Repräsentation hinzugefügt werden. Diagramme werden um so besser verstanden, je besser die vom Lernenden präattentiv wahrgenommene grafische Konfiguration mit der Struktur des darzustellenden Sachverhalts übereinstimmt und je besser der Lernende in der Lage ist, diese Übereinstimmung durch Aktivierung geeigneter kognitiver Schemata zu erkennen. Stimmt die wahrgenommene grafische Struktur nicht mit der zu vermittelnden semantischen Struktur überein, so muß jeweils erst eine Reorganisation auf der Wahrnehmungsebene stattfinden, bevor eine adäquate Interpretation stattfinden kann.

Wie bei realistischen Bildern ist auch für die Analyse von Diagrammen keine bestimmte Verarbeitungssequenz vorgesehen. Allerdings bestehen auch hier Möglichkeiten, Einfluß auf die Reihenfolge der Verarbeitung zu nehmen. So können grafische Komponenten durch visuelle Merkmale (z.B. einen verstärkten Kontrast zum Hintergrund), durch Beschriftung oder durch direktive Bildzeichen hervorgehoben sein, so dass sie eher fokussiert werden als andere Komponenten (Beck, 1984). Angesichts der Vorwissens- und Zielabhängigkeit der semantischen Verarbeitung besteht außerdem die Möglichkeit, diese durch sprachliche Instruktion wie z.B. Diagrammüberschriften, einen begleitenden schriftlichen Text oder durch gesprochene Kommentare zu beeinflussen.

Da Diagramme im Gegensatz zu realistischen Bildern keine perzeptuelle Ähnlichkeit mit dem repräsentierten Gegenstand besitzen, kann der Lernende bei deren Interpretation nicht auf kognitive Schemata der alltäglichen Wahrnehmung zurückgreifen. Die Fähigkeit zum Verstehen von Diagrammen ist vielmehr eine spezifische Kulturtechnik, die jeweils erlernt werden muß. Dabei gilt es, spezielle kognitive Schemata zu konstruieren, mit deren Hilfe an den grafischen Konfigurationen eines Diagramms bestimmte Informationen abgelesen werden können (Pinker, 1990). Verfügt ein Individuum nicht über die entsprechenden Grafik-Schemata, so ist es nicht in der Lage, einem Diagramm bestimmte Informationen zu entnehmen. Lernende mit geringeren kognitiven Voraussetzungen können beispielsweise einem Linien-Zeitdiagramm oft eher einzelne Werte entnehmen als an ihm einen Entwicklungstrend erkennen, obwohl dieser direkt am Kurvenverlauf abgelesen werden könnte (vgl. Guthrie & Weber, 1991; Kirsch & Jungeblut, 1986). Empirische Befunde weisen darauf hin, dass Experten bzw. Lernende mit höherem Vorwissen eher in der Lage sind, nach übergreifenden visuellen Mustern zu suchen, während Lernende mit geringerem Vorwissen bevorzugt eine lokal begrenzte Suche nach Einzelinformationen vornehmen. Es ist deshalb zu vermuten, dass Experten bzw. Individuen mit höheren Lernvoraussetzungen über elaboriertere und stärker hierarchisch strukturierte Grafik-Schemata verfügen (Lowe, 1993).

Sowohl bei realistischen Bildern als auch bei Diagrammen besteht die Gefahr, dass Lernende meinen, der visuellen Darstellung mit einem Blick genügend Information entnehmen zu können, und deshalb nur eine oberflächliche Verarbeitung vornehmen (vgl. Mokros & Tinker, 1987; Weidenmann, 1989). Beim multimedialen Lernen gilt es deshalb, solchen Tendenzen einer oberflächlichen Verarbeitung entgegenzuwirken. Hierzu kann z.B. die visuelle Darstellung im begleitenden Text beschrieben oder es können explizite Verarbeitungshinweise gegeben werden, um eine ausreichende Anleitung der konzeptuellen Analyse der visuellen Darstellung zu gewährleisten.

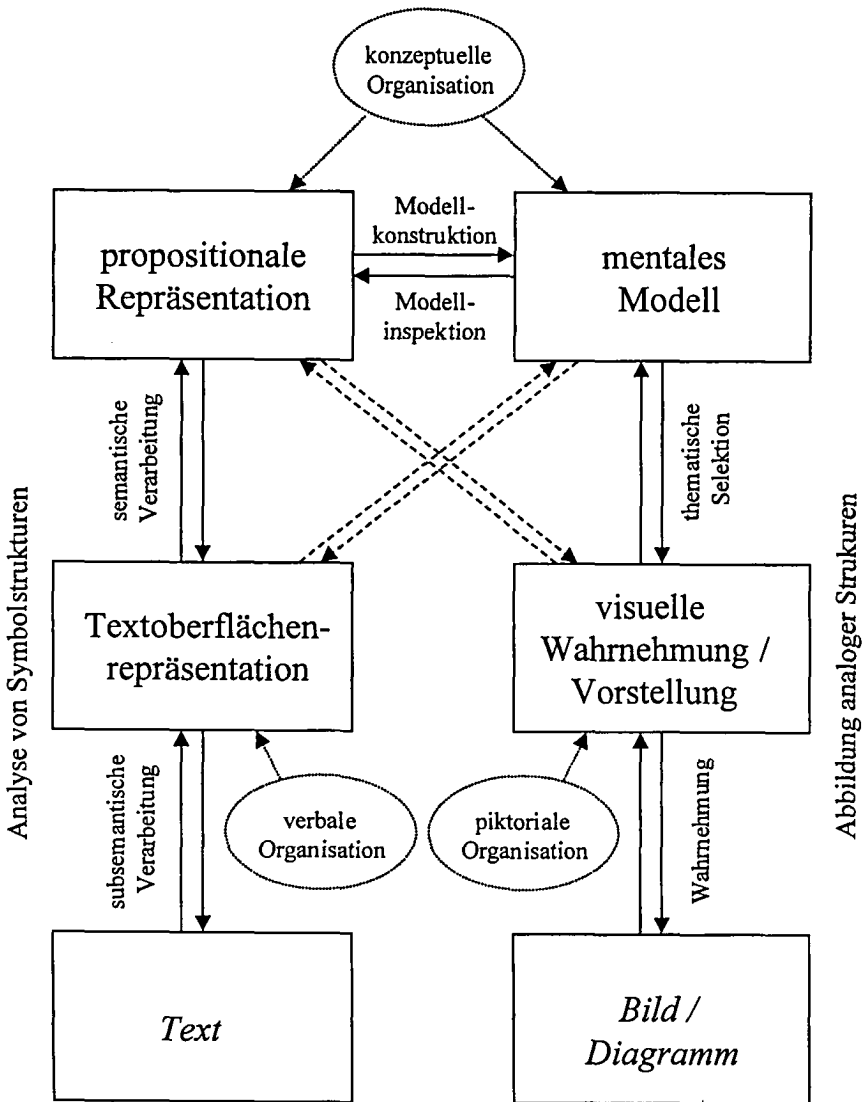
## **5. Ein Modell des multimedialen Lernens**

Lernen mit Multimedia basiert auf einem Zusammenspiel von Prozessen des Textverstehens, des Verstehens von realistischen Bildern und des Verstehens von Diagrammen. Wie bereits oben ausgeführt, tragen diese verschiedenen Formen des Verstehens jeweils auf unterschiedliche Weise zum Aufbau multipler mentaler Repräsentationen - insbesondere von propositionalen Repräsentationen und mentalen Modellen - bei. Da die verschiedenen Arten von Verstehensprozessen gewissermaßen in der Konstruktion gleichartiger mentaler Repräsentationen konvergieren, bietet es sich an, diese Prozesse in einem integrativen Modell des multimedialen Lernens zusammenzufassen.

Die Grundzüge eines solchen Modells sind in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Die Abbildung zeigt links einen deskriptionalen und rechts einen depiktionalen Repräsentationszweig. Der deskriptionale Zweig besteht aus der



Abbildung 1:  
Modell des multimedialen Lernens mit Texten, Bildern und Diagrammen



externen Repräsentation eines dargestellten Sachverhalts in Form eines Texts, der internen mentalen Repräsentation der Textoberflächenstruktur sowie der internen propositionalen Repräsentation des semantischen Textgehalts. Die genannten Repräsentation basieren auf der Verwendung von Symbolen und sind extrinsischer Natur. Der depiktionale Zweig besteht aus der externen Repräsentation des dargestellten Sachverhalts in Form eines realistischen Bilds oder eines Diagramms, der internen mentalen Repräsentation der dargebotenen grafischen Struktur in Form einer visuellen Wahrnehmung

oder Vorstellung sowie dem internen mentalen Modell des dargestellten Sachverhalts. Diese Repräsentationen basieren auf dem Prinzip der analogen Darstellung und sind intrinsischer Natur.

Die kognitive Verarbeitung eines geschriebenen oder gesprochenen Texts basiert auf der Analyse von Symbolstrukturen. Dabei kann man zwischen subsemantischen und semantischen Verarbeitungsprozessen unterscheiden. Die subsemantische Verarbeitung beinhaltet Prozesse der Worterkennung und syntaktischen Analyse und führt zu einer mentalen Repräsentation der Textoberfläche. Die semantische Verarbeitung besteht in der Aktivierung einer bestimmten Konfiguration hierarchisch organisierter kognitiver Schemata und führt zum Aufbau einer kohärenten propositionalen Repräsentation des Textinhalts. Diese sog. Textbasis ist dann Ausgangspunkt für einen Prozeß der mentalen Modellkonstruktion, der ebenfalls auf der Aktivierung kognitiver Schemata beruht. An dem so konstruierten mentalen Modell können dann durch Modellinspektionsprozesse neue Informationen abgelesen werden. Die Ableseergebnisse müssen jeweils explizit gemacht, d.h. in Form von Propositionen enkodiert und der propositionalen Repräsentation hinzugefügt werden. Bei Bedarf können diese Propositionen wiederum in sprachliche Äußerungen umgesetzt werden.

Die kognitive Verarbeitung eines realistischen Bilds oder eines Diagramms basiert auf Prozessen der analogen Strukturabbildung. Dabei kann man zwischen subsemantischen präattentiven Prozessen der Bild- bzw. Diagrammwahrnehmung und semantischen attentiven Prozessen der Bild- bzw. Diagramminterpretation unterscheiden. Die subsemantischen Prozesse bestehen in der Wahrnehmung bestimmter grafischer Konfigurationen und visueller Attribute des Bildes bzw. Diagramms. Die semantischen Prozessen bestehen im Aufbau eines mentalen Modells des im Bild oder Diagramm dargestellten Gegenstandes anhand der wahrgenommenen grafischen Konfiguration. Das betreffende mentale Modell wird jeweils so konstruiert, dass bestimmte räumliche Strukturen innerhalb der perzeptuellen visuellen Repräsentation bestimmten semantisch interpretierbaren Strukturen des mentalen Modells entsprechen und umgekehrt. In den Prozeß der Strukturabbildung bei der mentalen Modellkonstruktion wird im allgemeinen nicht die gesamte grafische Konfiguration, sondern nur jener Teil der Bild- bzw. Diagrammstruktur einbezogen, der für die Bewältigung aktueller oder antizipierter Anforderungen relevant ist. D.h.: Im Rahmen des Strukturabbildungsprozesses findet eine ziel- bzw. anforderungsabhängige thematische Selektion statt.

Es wird angenommen, dass zwischen propositionaler Repräsentation und mentalem Modell eine ständige Interaktion stattfindet. Nachdem ein mentales Modell anhand der propositionalen Repräsentation eines Texts oder anhand der perzeptuellen visuellen Repräsentation eines Bildes oder Diagramms konstruiert wurde, können an ihm neue Informationen abgelesen werden. Dabei wird die abgelesene Information in einem propositionalen Format fixiert und der propositionalen Repräsentation hinzugefügt. Propositionale Repräsentationen und mentale Modelle interagieren demnach über

Prozesse der Modellkonstruktion und der Modellinspektion. Beim Textverstehen ist der Ausgangspunkt der Interaktion eine deskriptionale (propositional)e Repräsentation, anhand derer eine depiktionale Repräsentation (ein mentales Modell) konstruiert wird, woran dann wieder neue Informationen abgelesen und der propositionalen Repräsentation hinzugefügt werden. Beim Bild- bzw. Diagrammverstehen ist der Ausgangspunkt der Interaktion eine depiktionale Repräsentation (ein mentales Modell), woran durch Ableseprozesse Propositionen gewonnen werden. Neben der Interaktion zwischen der propositionalen Repräsentation und dem mentalem Modell kann in manchen Fällen auch eine Interaktion zwischen der mentalen Repräsentation der Textoberfläche und dem mentalen Modell sowie eine Interaktion zwischen der perzeptuellen visuellen Repräsentation des Bildes und der propositionalen Repräsentation stattfinden. Zwischen externen und internen Zeichensystemen besteht also keine Eins-zu-eins-Zuordnung. Vielmehr führt ein Text als externe deskriptionale Repräsentation intern sowohl zu einer deskriptionalen als auch zu einer depiktionalen Repräsentation. Umgekehrt führt ein Bild oder Diagramm als externe depiktionale Repräsentation intern sowohl zu einer depiktionalen als auch zu einer deskriptionalen, propositionalen Repräsentation.

Die Verarbeitung von verbaler Information und die Verarbeitung von piktorialer Information sind jeweils Einschränkungen durch die begrenzte Kapazität des menschlichen Arbeitsgedächtnisses unterworfen (Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991). Nach Mayer (1997) selektiert der Lernende deshalb aus einem multimedialen Informationsangebot jeweils die für ihn relevante Information, um diese dann zu kohärenten verbalen und/oder piktorialen mentalen Repräsentationen zu organisieren. In Abbildung 1 sind die Prozesse der verbalen und piktorialen Informationsselektion durch absteigende Pfeile dargestellt. Hinsichtlich der Prozesse der Informationsorganisation wird in dem Modell zwischen verbaler, piktorialer und konzeptueller Organisation unterschieden. Die verbalen Organisationsprozesse strukturieren Sprachinformation nach syntaktischen und morphologischen Gesichtspunkten und führen zu einer mentalen Repräsentation der Textoberfläche. Die piktorialen Organisationsprozesse bestehen in schemageleiteten Gestaltbildungsvorgängen bei der Bildwahrnehmung und führen zu einer strukturierten perzeptuellen visuellen Repräsentation des wahrgenommenen Bildes oder Diagramms. Die konzeptuellen Organisationsprozesse basieren auf der Aktivierung von kognitiven Schemata und führen zu kohärenten propositionalen Strukturen und mentalen Modellen.

Das hier skizzierte theoretische Modell des multimedialen Lernens hat eine Reihe von Gemeinsamkeiten mit der multimodalen Gedächtnistheorie von Engelkamp und Zimmer (1994). In beiden Ansätzen wird davon ausgegangen, dass sich die Verarbeitung von sprachlichen Aussagen und von Bildern grundlegend unterscheiden, und in beiden wird zwischen sensorischen Repräsentationen und konzeptuellen Repräsentationen unterschieden. Die sensorischen sprachlichen Repräsentationen bestehen bei Engelkamp und Zimmer aus verbalen Marken; sie entsprechen den oben erwähnten Textoberflä-

chenrepräsentationen. Die sensorischen Bildrepräsentationen bestehen aus Bildmarken, die rotiert und verschoben werden können; sie entsprechen den oben genannten perzeptuellen Bildrepräsentationen. Die konzeptuellen Repräsentationen bestehen aus Konzepten und daraus aufgebauten Propositionen.

Der von Engelkamp und Zimmer vertretene Ansatz ist einerseits differenzierter als das oben beschriebene Modell: Neben dem konzeptuellen System und dem sensorischen System wird in der multimodalen Theorie noch das motorische System berücksichtigt, und innerhalb der konzeptuellen Ebene wird zwischen nonverbalen Referenzkonzepten und Wortkonzepten (Konzepten von Worten) unterschieden. Das oben beschriebene Modell berücksichtigt demgegenüber nur Referenzkonzepte bzw. die daraus konstruierten propositionalen Repräsentationen und lässt die (beim Lernen eher peripheren) Wortkonzepte außer acht. Andererseits ist der Ansatz von Engelkamp und Zimmer im depiktionalen Bereich weniger differenziert. Hier bleibt unberücksichtigt, dass analoge Repräsentationen nicht nur im sensorischen System in Form von Bildmarken, sondern auch in abstrakterer, modalitätsunspezifischer Form als mentale Modelle bestehen können.

Nicht bei allen Individuen führt der Wissenserwerb mit Multimedia zu einem höheren Lernerfolg als traditionelle, überwiegend auf verbaler Informationsdarbietung basierende Formen des Lernens. Mayer (1997) fand in einer Reihe von Untersuchungen positive Effekte einer kombinierten Präsentation von verbaler und piktorialer Information vor allem bei Lernenden mit geringem Vorwissen über den Lerngegenstand, nicht jedoch bei Lernenden mit hohem Vorwissen. Lernende mit hohem Vorwissen sind offenbar in der Lage, auch ohne bildhafte Unterstützung ein mentales Modell des betreffenden Lerninhalts zu konstruieren. Das Fehlen piktorialer Information kann bei ihnen offenbar durch hinreichendes Vorwissen kompensiert werden. Zum anderen zeigten sich positive Effekte einer zeitlich oder räumlich koordinierten Darbietung verbaler und piktorialer Information vor allem bei Lernenden mit einer hohen Ausprägung räumlicher Intelligenz, während sich bei geringer räumlicher Intelligenz nur geringe Lernvorteile gegenüber einer bloßen Präsentation von verbaler Information zeigten. Man kann dies dahingehend interpretieren, dass der Aufbau eines mentalen Modells anhand piktorialer Information gewisse räumliche kognitive Fähigkeiten erfordert und beim Fehlen solcher Fähigkeiten das Informationsangebot nicht adäquat genutzt werden kann.

## **6. Aufmerksamkeitssteuerung beim Lernen mit Multimedia**

### ***6.1 Semantische, zeitliche und räumliche Informationskoordination***

Aufgrund der begrenzten kognitiven Verarbeitungskapazität kann sich zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur eine begrenzte Menge an verbaler und piktorialer Information im Arbeitsgedächtnis befinden (Baddeley, 1992).

Ein koordinierter Aufbau von propositionalen Repräsentationen und mentalen Modellen anhand von Texten, realistischen Bildern und Diagrammen verlangt zunächst, dass verbale und piktoriale Information jeweils auf den gleichen Sachverhalt Bezug nehmen bzw. semantisch zusammenhängen. Über diese Notwendigkeit der semantischen Informationskoordination hinaus ist es angesichts der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses außerdem erforderlich, dass sich verbale und piktoriale Information jeweils gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis befinden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer auch zeitlichen und/oder räumlichen Koordination von verbaler und piktorialer Information. Eine zeitlich koordinierte Darbietung von verbaler und piktorialer Information erfolgt bei der gleichzeitigen Präsentation eines animierten Bildes oder eines Films mit einem kommentierenden Text. Eine räumlich koordinierte Darbietung von verbaler und piktorialer Information ist dann gegeben, wenn ein Bild oder ein Diagramm und ein schriftlicher Text räumlich eng benachbart dargeboten werden.

Mayer (1997) bezeichnet das Prinzip der zeitlichen und räumlichen Koordination von verbaler und piktorialer Information als Kontiguitätsprinzip des multimedialen Lernens. Mayer konnte in einer Reihe von empirischen Untersuchungen nachweisen, dass eine räumlich oder zeitlich koordinierte Darbietung verbaler und piktorialer Information zu einem deutlich höheren Lernerfolg führte, während bei einer räumlich oder zeitlich getrennten Darbietung kein solcher Effekt zu verzeichnen war.

## *6.2 Auditive versus visuelle Textdarbietung*

In dem oben dargestellten Modell des multimedialen Lernens wurde angenommen, dass verbale und piktoriale Information auf unterschiedliche Weise verarbeitet werden und in unterschiedlicher Weise zum Aufbau eines mentalen Modells und einer propositionalen Repräsentation beitragen. Dabei blieb allerdings unberücksichtigt, welche Sinnesmodalitäten bei der Informationsaufnahme beteiligt sind. Beim Lernen mit Multimedia bestehen hier insofern unterschiedliche Möglichkeiten, als die verbale Information sowohl auditiv in Form eines gesprochenen Texts als auch visuell in Form eines geschriebenen Texts präsentiert werden kann. Das Hören eines gesprochenen Texts und das Lesen eines geschriebenen Texts unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Flüchtigkeit bzw. Beständigkeit des Zeichenträgers. Vielmehr bestehen auch unterschiedliche Möglichkeiten einer integrativen Verarbeitung von verbaler und piktorialer Information.

Wird ein realistisches Bild oder ein Diagramm gemeinsam mit einem gesprochenen Text präsentiert, so wird die verbale Textinformation im auditiven Teil des Arbeitsgedächtnisses akustisch enkodiert. Wegen der Flüchtigkeit des Zeichenträgers - der akustischen Schallwellen - muß die kognitive Verarbeitung dabei einerseits unmittelbar entsprechend der vorgegebenen Präsentationsgeschwindigkeit erfolgen, so dass für eine selbstgesteuerte Informationsverarbeitung kein Raum bleibt. Andererseits wird so der visuelle Teil

des Arbeitsgedächtnisses nicht belastet, so dass die visuelle Verarbeitungskapazität vollständig für die Aufnahme und Enkodierung der piktorialen Information zur Verfügung steht. Dadurch bestehen hier auch günstige Möglichkeiten, die kognitive Bildverarbeitung durch verbale Informationen zu steuern. Wird hingegen ein Bild oder Diagramm zusammen mit einem geschriebenen Text präsentiert, so konkurrieren die verbale und die piktoriale Information um die begrenzte visuelle Verarbeitungskapazität. Das Auge muß zwischen Bild und Text hin- und herwandern, und je nach Fokussierung der Aufmerksamkeit ist aktuell eher die piktoriale oder eher die verbale Information im Arbeitsgedächtnis präsent, während die aktuell nicht fokussierte Information rasch aus dem Arbeitsgedächtnis verschwindet. Zwar kann bei einem permanent verfügbaren schriftlichen Text die kognitive Verarbeitung weitgehend selbstgesteuert erfolgen, so dass durch wiederholtes Lesen bestimmter Textstellen die verbale Information immer wieder im Arbeitsgedächtnis reaktiviert wird. Dennoch muß hier die visuelle Aufmerksamkeit notwendig geteilt werden, so dass die gemeinsame Verarbeitung von verbaler und piktorialer Information erschwert sein kann (Chandler & Sweller, 1991; Mayer, 1997).

### *6.3 Statische versus animierte Bilder*

Computerbasierte multimediale Lernumgebungen bieten die Möglichkeit, einen Sachverhalt nicht nur mittels statischer, sondern auch in Form von animierten Bildern darzustellen. Die Verwendung animierter Bilder scheint sich besonders dann anzubieten, wenn Wissen über einen sich verändernden Sachverhalt vermittelt werden soll, da sich hier dessen Dynamik unmittelbar veranschaulichen läßt und so ein größerer Grad an Realitätsnähe hergestellt werden kann. Geht es um das Verstehen eines dynamischen Sachverhalts, so steht der Lernende vor der Aufgabe, ein „lauffähiges“ mentales Modell zu konstruieren, mit dessen Hilfe sich Veränderungen des Sachverhalts in Form von mentalen Simulationen nachvollziehen lassen. Man kann davon ausgehen, dass animierte Bilder im Sinne des Supplantationsprinzips von Salomon (1979) für den Lernenden als visuelle Unterstützung der betreffenden mentalen Simulationsprozesse fungieren.

Gleichzeitig steht aber im Falle eines animierten Bildes dem Lernenden nur noch eine flüchtige Reizquelle zur Verfügung, bei der die Möglichkeiten einer differenzierteren Analyse der grafischen Struktur deutlich eingeschränkt sind. Eine genauere konzeptgeleitete Bildverarbeitung und eine entsprechend intensivere Interaktion zwischen mentalem Modell und propositionaler Repräsentation sind damit deutlich erschwert. Um diese Probleme zu vermeiden, sollten deshalb animierte Bilder jeweils mit der Option versehen sein, den Animationsprozeß mit verschiedener Geschwindigkeit und in verschiedenen Richtungen vollziehen sowie an beliebiger Stelle anhalten zu können, um eine differenzierte Analyse der jeweiligen grafischen Konfiguration zu ermöglichen.

Ein weiteres Problem der Verwendung animierter Bilder ist darin zu sehen, dass dem Lernenden hier unter Umständen eine Unterstützung seiner mentalen Simulationen angeboten wird, die er eventuell gar nicht benötigt. Der Lernende hat die Möglichkeit, durch Mausklick einen Simulationsprozeß auszulösen und - statt diesen Prozeß aktiv und selbständig mental durchzuführen - ihn einfach zu beobachten und damit eher passiv nachzuvollziehen. Kurz: Animationen können den Prozeß des Wissenserwerbs insofern beeinträchtigen, als sie die kognitiven Anforderungen für den Lernenden reduzieren und das Individuum so ungewollt am Vollzug lernrelevanter mentaler Prozesse hindern.

## **7. Lineare versus nichtlineare Organisation multimedialer Lernumgebungen**

Lernen mit Multimedia bietet dem Individuum nicht nur die Möglichkeit, auf unterschiedliche Formen der Informationsdarbietung zurückzugreifen und diese miteinander flexibel zu kombinieren. Das Informationsangebot kann auch so organisiert sein, dass der Lernende je nach aktuellem Bedarf im Prozeß des Wissenserwerbs die verschiedensten Informationen abrufen und dabei ganz individuelle Lernwege beschreiten kann. Ein solcher flexibler Informationsabruf wird durch eine nichtlineare Organisation des Lernangebots ermöglicht, wie sie für sog. Hypermedien charakteristisch ist.

Ein Hypermedium ist ein elektronisches technisches Medium, in dem Informationen in Form eines Netzwerk organisiert sind, das aus Knoten und Verknüpfungen zwischen diesen Knoten besteht. Die Knoten enthalten jeweils gesprochene oder geschriebene Texte, statische oder animierte Bilder, Filme, Diagramme, Tonaufzeichnungen usw. Die Verknüpfungen haben die Funktion, von einem Knoten bzw. der darin enthaltenen Information zu einem anderen Knoten zu gelangen (Gloor & Streitz, 1990; Jonassen & Mandl, 1990; McAleese & Green, 1990). Verglichen mit den traditionellen, linear organisierten Printmedien wie z.B. illustrierten Lehrbüchern, in denen die Abfolge der Erarbeitung des Lehrinhalts weitgehend festgelegt ist, bieten Hypermedien die Möglichkeit zu einer stärkeren Selbststeuerung des Lernens, da sich das Individuum zwischen verschiedenen Lernwegen entscheiden und die einzelnen Informationsangebote in der Reihenfolge abrufen kann, die ihm für seinen Lernprozeß am sinnvollsten erscheint (Glowalla, Engelmann & Rossbach, 1994; Jonassen, 1986). Informationen können so auch in unterschiedlichen Kontexten präsentiert und Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt werden, so dass das vom Individuum erworbene Wissen in unterschiedliche Aufgabenkontexte eingebunden und entsprechend flexibel genutzt werden kann (Spiro, Feltovich, Jacobson & Coulson, 1991).

Der Wissenserwerb mit Hypermedien ist allerdings auch mit neuen Anforderungen an den Lernenden verbunden. Während bei traditionellen Printmedien - vor allem schriftlichen Texten mit Bildern oder Diagrammen - die instruktionalen Entscheidungen hinsichtlich der Auswahl und Sequenzierung

von Informationen vom Autor getroffen werden mit dem Ziel, den Lernenden durch ein wohldurchdachtes didaktisches Vorgehen beim Aufbau einer kohärenten Wissensstruktur systematisch anzuleiten, müssen diese instruktionalen Entscheidungen beim Wissenserwerb mit Hypermedien vom Lernenden selbst getroffen werden. Hierzu benötigt der Lernende eine hinreichend klare Vorstellung des anzueignenden Wissens und muß entsprechende Ziele für seine Informationssuche spezifizieren.

Die betreffende Information muß dann innerhalb des Hypermediums gesucht werden, wobei sich für den Lernenden die Frage stellt, wo diese Information zu finden ist und wie er dorthin gelangt. Hierzu benötigt der Lernende zum einen Wissen über die jeweilige Verknüpfungsstruktur - die topologische Struktur des Informationsraums - und zum anderen Wissen über die Möglichkeiten, sich in diesem Raum zu bewegen. Während der Informationssuche muß der Lernende die vorgefundene Information außerdem jeweils hinsichtlich ihrer Zielrelevanz bewerten. Erst wenn diese Information als zielrelevant beurteilt worden ist, findet die eigentliche semantische Verarbeitung statt.

Die Prozesse der Zielspezifikation, der Informationssuche und der Informationsbewertung beanspruchen jeweils einen Teil der kognitiven Ressourcen des Lernenden. Zum einen muß während der Informationssuche das Ziel des Suchprozesses im Arbeitsgedächtnis mental präsent gehalten werden. D.h.: Der Lernende darf ungeachtet der vorgefundenen Informationsvielfalt nicht aus dem Auge verlieren, wonach er eigentlich sucht. Zum anderen benötigt der Lernende bei der Informationssuche Wissen über die Struktur des jeweiligen Informationsraumes. Er muß also ein mentales Modell des betreffenden, aus Knoten und Verknüpfungen bestehenden Netzwerks konstruieren. Schließlich kann auch die Informationsbewertung Schwierigkeiten bereiten, wenn die Informationsziele nicht hinreichend klar spezifiziert sind bzw. wenn der Lernende die Zielrelevanz der vorgefundenen Information nicht erkennt. Insgesamt wird so ein erheblicher Teil der begrenzten kognitiven Verarbeitungskapazität durch instruktionale Entscheidungen gebunden und steht nicht mehr für die eigentliche semantische Verarbeitung der dargebotenen verbalen und piktorialen Information zur Verfügung. Angesichts dieser Problematik wird oft argumentiert, dass Hypermedien eher als Informationssysteme für fortgeschrittene Lernende geeignet sind und weniger für Lernanfänger, die sich erst in eine Thematik einarbeiten müssen.

## **8. Zusammenfassung und Ausblick**

Multimediale Lernumgebungen erscheinen in besonderem Maße geeignet, dem aktiven und konstruktiven Charakter des menschlichen Lernens Rechnung zu tragen, indem sie authentische Lernsituationen realitätsnah erfahrbar machen, dem Individuum die Möglichkeit bieten, auf verschiedenen Formen der Informationsdarbietung in Verbindung mit unterschiedlicher Sinneserfahrung zurückzugreifen und dabei jeweils die am geeignetsten erschei-



nende Variante auszuwählen. Allerdings garantieren eine Vielfalt von technischen Medien, eine Vielzahl von Darstellungsformen und unterschiedliche Sinneserfahrungen keineswegs einen höheren Lernerfolg als traditionelle Formen der Wissensvermittlung.

In der bisherigen Instruktionsforschung hat sich die Frage, ob ein bestimmtes technisches Medium lernwirksamer ist als ein anderes, letztlich als falsch gestellt und damit als unfruchtbar erweisen. Dementsprechend wenig sinnvoll ist es auch, nach der Lernwirksamkeit von Multimedia zu fragen, denn mit Multimedia lassen sich ebenso effektive wie ineffektive Instruktionen realisieren wie mit traditionellen Printmedien (Fleming & Levie, 1993). Entscheidend für den Erfolg multimedial gestützten Lernens ist nicht die Vielfalt technischer Medien oder die Vielfalt von Darstellungsformen und von angesprochenen Sinnesmodalitäten, sondern vielmehr, ob der Lernende durch die Art des didaktischen Vorgehens und die jeweiligen Formen der Informationsdarbietung im Zusammenspiel mit verschiedenen Sinnesmodalitäten zum Vollzug bestimmter lernrelevanter kognitiver Prozesse angeregt wird (Kozma, 1994).

Lernen mit Multimedia verlangt vom Individuum, dass es verschiedene Formen der Darstellung eines Sachverhalts analysiert, aufeinander bezieht und zu einer einheitlichen Wissensstruktur integriert. Dabei ist die kognitive Verarbeitung je nach Zeichensystem und angesprochener Sinnesmodalität unterschiedlichen Einschränkungen unterworfen. Wesentlich ist dabei nicht nur, welche Vor- und welche Nachteile mit der Verwendung unterschiedlicher Zeichensysteme assoziiert sind bzw. welche Informationen eher in Form eines Texts, welche eher in Form eines realistischen Bilds und welche eher in Form eines Diagramms darzubieten sind. Von wesentlicher Bedeutung ist auch, dass diese Informationen inhaltlich aufeinander bezogen sowie zeitlich und/oder räumlich koordiniert präsentiert werden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bei einer Präsentation von verbaler Information in visueller und in auditiver Form jeweils unterschiedliche Probleme hinsichtlich der Fokussierung der Aufmerksamkeit auftreten können.

Die Nutzung technologischer Möglichkeiten z.B. durch animierte Bilder oder in Form von Hypermedien ist weder eine notwendige noch eine hinreichende Bedingung für höheren Lernerfolg. Animierte Darstellungen von dynamischen Sachverhalten erlauben zwar einerseits eine größere Realitätsnähe der Informationspräsentation, sind andererseits jedoch angesichts begrenzter kognitiver Ressourcen mit spezifischen Einschränkungen hinsichtlich der mentalen Verarbeitung verbunden. Hypermedien schaffen zwar einerseits neue Möglichkeiten für einen flexiblen Informationsabruf, doch sind andererseits vom Lernenden auch zusätzliche kognitive Anforderungen zu bewältigen.

Multimediale Lernumgebungen ermöglichen vorliegenden empirischen Befunden zufolge vor allem Lernenden mit geringerem inhaltsspezifischem Vorwissen einen höheren Lernerfolg, da diese noch nicht hinreichend in der Lage sind, anhand einer einzigen Form der Informationsdarbietung multiple menta-

le Repräsentationen zu konstruieren. Gleichzeitig erfordert eine erfolgreiche Nutzung solcher Lernumgebungen vom Individuum aber auch die Fähigkeit, verschiedene Formen der verbalen und piktorialen Informationsdarbietung adäquat zu interpretieren und aufeinander zu beziehen. Hierzu gehören nicht nur Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit schriftlichem Lernmaterial, die allgemein als verbale Lesefähigkeit (engl. „verbal literacy“) bezeichnet werden. Notwendig sind auch Fähigkeit und Fertigkeiten im Umgang mit Bildern und Diagrammen, die man als piktoriale Lesefähigkeit (im Englischen meist nicht ganz zutreffend „visual literacy“ genannt) bezeichnen kann (vgl. Petterson, 1994; Moore & Dwyer, 1994; Weidenmann, 1997). Es sind multimediale Lernkompetenzen erforderlich, zu denen auch die Fähigkeit gehört, für verschiedene Zwecke jeweils auf die geeignetsten Darstellungsformen zurückzugreifen und diese adäquat miteinander zu kombinieren.

Die Instruktionspsychologie hat sich bisher relativ wenig mit der Frage beschäftigt, wie die Kombination verschiedener Formen der Informationspräsentation bzw. die Kombination unterschiedlicher Zeichensysteme bestimmte kognitive Prozesse auslöst und dabei mit den kognitiven Strukturen eines Lernenden interagiert. Ein differenzierteres Verständnis dieser Interaktionen ist allerdings eine wesentliche Voraussetzung dafür, um die Möglichkeiten der Verwendung von Multimedia für Prozesse des Lehrens und Lernens in adäquater Weise zu nutzen. Es wäre sicher unrealistisch, für eine Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen jeweils eindeutige Vorschriften zum Einsatz von Multimedia formulieren zu wollen. Es lassen sich jedoch spezifische Orientierungsgrundlagen bereitzustellen, die bei der Analyse der Bedingungen des Lehrens und Lernens helfen, die jeweils relevanten Fragen zu stellen. Solche Orientierungsgrundlagen dürften zum einen günstigere Voraussetzungen schaffen, multimediale Lernumgebungen so zu gestalten, dass diese den psychologischen Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Wissenserwerbs Rechnung tragen und Lernende beim Aufbau von kohärenten Wissensstrukturen unterstützen. Zum anderen dürfte es auf diese Weise möglich sein, Individuen multimediale Lernstrategien und Lernkompetenzen zu vermitteln, die sie besser befähigen, mit der in multimedialen Lernsystemen angebotenen Informationsvielfalt und Vielfalt der Darstellungsformen adäquat umzugehen.

### **Anmerkung:**

Ich danke Richard E. Mayer, Ric Lowe, Beatriz Barquero und einem anonymen Reviewer für anregende Hinweise bei der Diskussion des oben dargestellten Modells zum multimedialen Lernen.

### **Literatur**

- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Beck, C.R. (1984). Visual cueing strategies: pictorial, textual, and combinational effects. *Educational Communication and Technology Journal*, 32, 207-216.

- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459.
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42, 21-30.
- Clark, J.M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Duffy, T.M., & Jonassen, D.H. (Eds.) (1992). *Constructivism and the technology of instruction. A conversation*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. (1994). *The Human Memory - A Multi-Modal Approach*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Falkenhainer, B., Forbus, K.D., & Gentner, D. (1989/90). The structure-mapping engine: algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, 41, 1-63.
- Finke, R. A. (1985). Theories relating mental imagery to perception. *Psychological Bulletin*, 98, 236-259.
- Fleming, M.L., & Levie, H.W. (1993). *Instructional message design. Principles from the behavioral science*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gloor, P.A., & Streitz, N. (1990). *Hypertext and hypermedia. Von theoretischen Konzepten zur praktischen Anwendung*. Berlin: Springer.
- Glowalla, U., Engelmann, E., & Rossbach, G. (Hrsg.) (1994). *Multimedia '94. Grundlagen und Praxis*. Berlin: Springer.
- Guthrie, J.T., & Weber, S. (1991). *Searching graphs and illustrations: Cognitive processes and deficits*. Paper presented at the AERA Convention, April 1991, Chicago.
- Issing, L. J., & Klimsa, P. (Hrsg.) (1997). *Information und Lernen mit Multimedia*. (2. Aufl.) Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, interference, and consciousness*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jonassen, D.H. (1986). Hypertext principles for text and courseware design. *Educational Psychologist*, 21, 269-292.
- Jonassen, D.H., & Mandl, H. (Eds.) (1990). *Designing hypermedia for learning*. Berlin: Springer.
- Kirsch, I., & Jungblut, A. (1986). *Literacy: profiles of America's young adults*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Kosslyn, S.M. (1981). The medium and the message in mental imagery: A theory. *Psychological Review*, 88, 46-66.
- Kosslyn, S.M. (1987). Seeing and imaging in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94, 148-175.
- Kosslyn, S.M. (1994). *Image and brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61, 179-211.
- Kozma, R.B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 52, 1-19.
- Kulhavy, R. W., Lee, J. B., & Caterino, L. C. (1985). Conjoint retention of maps and related discourse. *Contemporary Educational Psychology*, 10, 28-37.

- Kulhavy, R. W., Stock, W. A., & Kealy, W. A. (1993). How geographic maps increase recall of instructional text. *Educational Technology, Research and Development*, 41, 47-62.
- Lowe, R.K. (1993). Constructing a mental representation from an abstract technical digagramm. *Learning and Instruction*, 3, 157-179.
- Mayer, R.E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.
- Mc Aleese, R., & Green, C. (Eds.) (1990). *Hypertext: state of the art*. London: Intellect Limited, 1990.
- Mokros, J.R., & Tinker, R.F. (1987). The impact of microcomputer based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 369-383.
- Moore, M., & Dwyer, F.M. (1994). *Visual literacy. A spectrum of visual learning*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality*. San Francisco: Freeman.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Palmer, S. E. (1978). Fundamental aspects of cognitive representation. In E. Rosch & B. B. Lloyd. *Cognition and categorization* (pp. 259-303). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Peirce, C. S. (1906). Prolegmena to an apology for pragmatism. *The Monist*, 492-546.
- Pettersson, R. (1988). Visual Literacy und Infologie. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Bern: Huber.
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Ed.), *Artificial intelligence and the future of testing* (pp. 73-126), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 87, 16-45.
- Resnick, L. B. (Ed.) (1989). *Knowing, learning and instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ross, S.M. (1994). Delivery trucks or groceries? More food for thought on whether media (will, may, can't) influence learning: Introduction to special issue. *Educational Technology Research and Development*, 42, 5-6.
- Salomon, G. (1979). *Interaction of media, cognition, and learning*. San Francisco, CA: Jossey-Buss.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen*. Weinheim: Beltz.
- Shuell, T.J. (1988). The role of the student in the learning from instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 13, 276-295.
- Spiro, R.J., Fletovich, R.L., Jacobsen, M.J. & Poulsen, R.L. (1991). Cognitive flexibility, constructivism and hypertext: random access instruction for advanced knowledge aquisition in ill-structured domains. *Educational Technology*, 31, 24-33.
- Ullman, S. (1984). Visual routines. *Cognition*, 18, 97-159.
- Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (Eds.) (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Weaver III, C. A., Mannes, S., & Fletcher, C. R. (Eds.) (1995). *Discourse comprehension*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Weidenmann, B. (1988). *Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern*. Bern: Huber.
- Weidenmann, B. (1989). When good pictures fail: An information-processing approach to the effect of illustrations. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds.) *Knowledge acquisition from text and pictures*. (pp. 157-170). Amsterdam: Elsevier.
- Weidenmann, B. (1994). Codes of instructional pictures. In W. Schnotz & R. Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics* (pp. 29-42). Amsterdam: Elsevier.
- Weidenmann, B. (1997) Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (2. Aufl.) (S. 64-84). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Wertheimer, M. (1938). *Laws of organization in perceptual forms in a source book for Gestalt Psychology*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Wetzel, C.D., Radtke, P.H., & Stern, H.W. (1994). *Instructional effectiveness of video media*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Winn, W.D. (1994). Contributions of perceptual and cognitive processes to the comprehension of graphics. In W. Schnotz & R. Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics* (pp. 3-27). Amsterdam: Elsevier.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Wolfgang Schnotz

Universität Koblenz-Landau

Fachbereich Psychologie

(Arbeitseinheit Allgemeine und Pädagogische Psychologie)

Thomas-Nast-Str. 44, 76829 Landau

e-mail: schnotz@uni-landau.de